

Invernaderos mediterráneos en España. Nivel tecnológico actual (Parte II)

JOAQUÍN HERNÁNDEZ, Y NICOLÁS CASTILLA₂
 1. Dept. Producción Vegetal. Universidad de Almería
 2. Dept. Horticultura. CIFA Granada

Invernaderos mediterráneos en España

- Prestaciones productivas y costes (I parte). Revista Horticultura, número 140, Octubre.

- Nivel tecnológico actual (II parte). Revista Horticultura, número 141, Diciembre.

- Paquetes tecnológicos disponibles (III parte). Revista Horticultura, número 142, Enero, 2000,



Estructuras

Las estructuras convencionales de cubierta plana o de poca pendiente, predominantes en nuestros invernaderos, presentan una baja transmisividad (porcentaje de radiación solar que entra dentro del invernadero) en otoño e invierno. La importancia de la luz (fracción de la radiación solar que percibimos visualmente los humanos) es

obvia por su incidencia directa en la cosecha y ha sido considerada como un factor limitante de la producción en los meses de otoño e invierno en nuestra área productiva (Tognoni, 1990; Hanan, 1991; Zabeltitz, 1992; Castilla y col., 1994; Lorenzo, 1994).

Una línea de mejora de la radiación sería aumentar la pendiente de la cubierta del invernadero, lo que permi-

Los invernaderos multitúnel presentan unas posibilidades de equipamiento mayores que los invernaderos tipo parral.

tiría aumentar la transmisividad en las épocas más desfavorables (otoño-invierno) (Quesada y col., 1998, Castilla y col., 1999a), y, además, evitaría la condensación de agua (facilitando el

Para los problemas de clima dentro del invernadero, **SVENSSON** te da la solución.

Con la tecnología de **SVENSSON** te suministramos la pantalla térmica correcta y el sistema de colocación adecuado.

Sistema de colocación "**CREMALLERA TUBO**" para interior de invernadero

Sistema "**ABRI**" para sombreado en el exterior del invernadero

Con las pantallas térmicas **SVENSSON** puedes tener un control de clima efectivo de luz, humedad y temperatura, incrementar la cosecha y mejorar el resultado económico.



Las Pantallas y sistemas de colocación Svensson son vendidos únicamente a través de constructores e instaladores de invernaderos.

svensson® 111 años Trabajando e investigando por y para la agricultura en países como Estados Unidos, Suecia, Corea, Países Bajos y España

crea tu propio clima



calidad sueca

Ludvig Svensson España S.A.
 Ctra. Puesto Rubio, 75 • 04716 LAS NORIAS de DAZA (Almería)
 Tel.: +34 950 606 808 • Fax.: +34 950 588 070
 E-mail: ludsvens@ediho.es

El símbolo de **svensson® es sinónimo de calidad.**

escurrimiento de la misma) en la cara interior del plástico (Zabeltitz, 1992), minimizando los ataques de enfermedades que se ven favorecidos con el goteo sobre el cultivo. En la actualidad se están llevando a cabo investigaciones (proyecto de Investigación INIA 96061, CICYT AGF96-2512-C03-01) por la Dirección General de Investigación Agraria de la Junta de Andalucía en colaboración con la Caja Rural de Granada, en la Estación Experimental La Nacla (Motril-Granada-) que han puesto de manifiesto el interés de aumentar las pendientes de cubierta de los invernaderos (Castilla y col, 1999b).

En esta misma línea de incrementar la radiación se están empleando, cada vez más, materiales plásticos de cubierta mas transmisivos, como el «tricapa».

En cuanto a las estructuras, vamos a diferenciar los dos tipos básicos mayoritariamente utilizados:

A.- Invernaderos artesanales tipo parral, que anclan la lámina plástica colocándola entre un doble tejido de alambre

B.- Invernaderos multitúnel de cubierta curva.

Estos invernaderos multitúnel, desde el punto de vista radiativo, deben tener similar transmisividad a inverna-

deros de cubierta recta a dos aguas y con pendientes similares. Por otra parte, presentan una mayor estanqueidad y unas posibilidades de equipamiento mayores que los tipos parral.

Los costes de instalación de cada tipo de estructura se indican en el cuadro 1.

Control climático en invernaderos mediterráneos

La ausencia de equipos de control climático de la mayoría de nuestros invernaderos provoca valores extremos indeseables de temperatura del aire, con elevadas temperaturas máximas en primavera y verano y mínimas críticas en invierno.



Una ventilación cenital eficiente es necesaria en los invernaderos mediterráneos españoles

**Cuadro 1:
Coste aproximado de estructuras de invernadero montadas, incluyendo lámina plástica (sin IVA) en Almería (1998)**

Tipo de invernadero	Pesetas/m ²
Tipo Parral (el límite superior incluye ventilación cenital simple)	
Plano	760 - 900
Dos aguas	780 - 900
Asimétrico (poca pendiente)	850 - 950
Simétrico (alta pendiente)	1000 - 1200
Multitúnel (curvo)	
Con ventilación cenital Lámina plástica de polietileno (larga duración, térmico o tricapa)	1800 - 2500

La ausencia de equipos de control climático de la mayoría de invernaderos mediterráneos provoca valores extremos indeseables de temperatura del aire, con elevadas temperaturas máximas en primavera y verano y mínimas críticas en invierno

Reducción de temperaturas máximas mediante ventilación

En épocas de alta insolación la reducción de temperatura del aire normalmente se lleva a cabo mediante la gestión de la ventilación, la reducción de la radiación (con sombreos o encajados) y evaporando agua a través del cultivo (evapotranspiración) o directamente (nebulización). Los sistemas de ventilación más usuales son de tipo pasivo mediante ventanas laterales y, en algunos casos, también con ventanas cenitales.

Las tasas de ventilación deberían tender a alcanzar entre 0,75 y 1 renovaciones del volumen de aire del invernadero por minuto (ASAE, 1991). Una superficie de ventilación del 15 % respecto a la superficie cultivada (mediante ventanas laterales y cenitales) y una adecuada estrategia de manejo ha sido descrita por Lorenzo (1998) como suficiente para la gestión de los cultivos de

tomate y judía. Otros autores dan cifras de ventilación más elevadas, estimando el óptimo de superficie de ventilación en torno al 30% (Feuilloley y col, 1990; Verheye y Verlodt, 1990). La eficiencia de esta ventilación está, en general, muy limitada debido a que los problemas fitosanitarios fuerzan a los agricultores a la instalación de densas mallas anti-insectos que dificultan el paso del aire (Muñoz y col, 1998). De no existir estas mallas sería posible mantener unos niveles térmicos e higrométricos aceptables, en la mayoría de los casos, mediante la evapotranspiración del cultivo y la apertura de amplias superficies de ventilación (Boulard y Draoui, 1995; Papadakis y col, 1996; Montero y col, 1996).

Otros aspectos a considerar son la distancia existente entre las ventanas laterales y cenitales y la altura del cultivo, ya que ambos factores van a limitar la ventilación, sobre todo cuando la velocidad del viento es baja (Sevilla y col, 1992), la forma y orientación de las ventanas (en función de los vientos dominantes), etc. En cualquier caso, el tema de la ventilación es muy complejo y es necesario profundizar en su estudio en los invernaderos mediterráneos. En zonas de baja pluviometría y en época de suaves temperaturas, la opción del invernadero con cerramiento de malla para la producción de hortal-

zas puede resultar de interés, dado que en estas instalaciones no se genera el efecto invernadero (no se da aumento térmico) y prevalece el efecto del sombreo, siendo permeable la malla al aire (con lo que se consigue una ventilación eficiente) y el efecto de cortavientos.

Reducción de temperaturas máximas por disminución de la radiación

El blanqueo para disminuir la radiación incidente (como medio de reducir la temperatura del aire) es práctica casi generalizada en primavera y verano, siendo la utilización de mallas de sombreo apenas testimonial, dada la complejidad de la instalación de estos materiales en la cara exterior del inver-

La evaporación de agua para reducir temperaturas es una alternativa que empieza a imponerse, prevaleciendo los sistemas de nebulización que distribuyen en el aire un gran número de gotitas de agua de muy pequeño tamaño

nadero. Su colocación en el interior de los mismos es contraproducente, debido a que no disminuye las temperaturas máximas, sino que las eleva (Martínez, 1987 citado por Montero y col., 1998). La reducción de la radiación al encalar, que puede llevar a limitarla hasta al 30% de la radiación global exterior (Morales y col, 1998), implica una notable reducción en la producción, sobre todo en aquellas estructuras que se blanquean demasiado pronto, al inicio de la primavera. Además, en la campaña siguiente debe lavarse bien la cubierta plástica, lo cual no es tarea fácil. Estos hechos, junto con la escasa reducción térmica que inducen (Montero y col., 1998), deberían limitar el uso de esta técnica a aquellos casos estrictamente necesarios (motivados por un problema de calidad del producto, como por ejemplo pueden ser los casos de daños en fruto por exceso de radiación en pimiento y tomate, conocidos como «golpes de sol»), dedicando mayor atención a mejorar la ventilación.

Reducción de temperaturas máximas por evaporación de agua

La evaporación de agua para reducir temperaturas es una alternativa que empieza a imponerse, prevaleciendo los sistemas de nebulización que distribuyen en el aire un gran número de gotitas de agua de muy pequeño tamaño cuya velocidad de caída, debido a su escaso peso, es muy lenta con lo que permanecen suspendidas en el aire el tiempo suficiente para evaporarse sin llegar a mojar el cultivo (Montero y col, 1998). Para un buen mantenimiento de la instalación es necesario contar con aguas de muy buena calidad o, en su defecto, instalar pequeñas unidades desalinizadoras. Una opción interesante sería la de recoger las aguas de lluvia para ser utilizadas en estas instalaciones. Otros sistemas, más eficientes desde el punto de vista térmico, no se utilizan por su alto coste.

Control de las temperaturas mínimas sin gasto de energía

En invierno, las alternativas para aumentar las temperaturas mínimas de modo pasivo (sin gasto energético) son la utilización de pantallas térmicas y las dobles cubiertas. Las pantallas más eficientes son las aluminizadas (Mon-



La colocación de mallas en las ventanas, para impedir el acceso de insectos, limita la ventilación.

KENOGARD



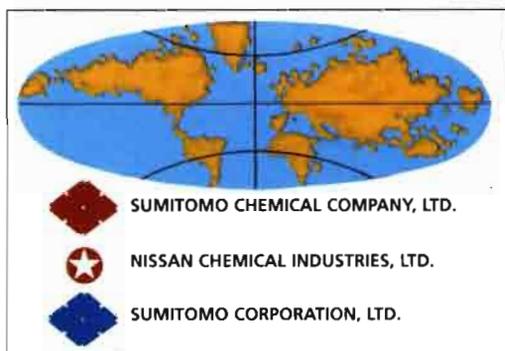
**Aportamos soluciones eficaces
para la Protección Vegetal**



Respetando a las personas y
el medio ambiente,



investigando soluciones
innovadoras,



con el respaldo de multinacionales
japonesas,



dando el mejor servicio al
agricultor español.



Kenogard S.A.
e-mail: comercial@kenogard.es
Tel. 93 488 12 70 - Fax 93 487 38 45

tero y col., 1986), pero aún son poco frecuentes dado su elevado precio y lo complicado de su instalación dentro de un invernadero artesanal. Para evitar reducciones indeseables de radiación durante el día deben ser móviles (para permitir su retirada y plegado durante el día) y su instalación en estructuras simples es complicada. Además pueden dificultar la ventilación y aumentar la higrometría nocturna. La ganancia térmica que suministran en invernaderos sin calefactar oscila entre los 2 y los 4°C, y es función del grado de desarrollo del cultivo pero, en general, la mejora térmica no compensa la pérdida de luz cuando son fijas (Lorenzo y col., 1997).

La instalación de dobles cubiertas consiste en la colocación interior de otra película plástica (generalmente polietileno o EVA de escaso espesor, entre 50-100 µ) separada de la cubierta principal solamente unos centímetros (entre 2 y 10). La separación de ambas láminas mediante aire a presión (capa

hay que tener en cuenta que reducen la transmisividad en torno a un 10 % (Montero, 1994), ya que no pueden ser retirados durante el día.

Otras técnicas de apoyo térmico, como el empleo de mangas rellenas de agua que almacenan el calor excedentario durante el día para cederlo de noche al invernadero, no son empleadas en nuestros invernaderos.

Control de las temperaturas mínimas mediante calefacción

La utilización de calefacción en nuestras estructuras y con la mayoría de productos hortícolas y ciclos usuales es cuestionable y tiene que depender obligatoriamente de criterios económicos (Castilla, 1998). La respuesta productiva a la calefacción es conocida, pero la rentabilidad de la misma en el área mediterránea no está clara si solo redundará en una mayor producción, pero no contribuye a aumentar el precio final del producto (Monteiro, 1992).

que impulsan dentro del invernadero los gases de combustión, que en los que emplean intercambiadores) siendo muy útiles para mantener un salto térmico mínimo o en caso de emergencia (heladas), ya que la respuesta en el cambio de temperatura del aire del invernadero es muy rápida. El uso de mangas de polietileno para la distribución homogénea del aire caliente permite mejorar el reparto del calor y el alcance, así como su eficiencia global

La calefacción con agua a 30-40°C, que circula en tuberías de polipropileno corrugado situadas directamente sobre el suelo, prevalece frente a otros sistemas de conducción de mayor coste (tubería de acero o aluminio). Los costes de instalación de los sistemas de conducción son superiores a los de generación de aire caliente y, a pesar de que su consumo energético es menor, solamente pueden aconsejarse para cultivos que requieran un apoyo térmico continuo, o en aquellos casos en los que se pretenda calentar el sustrato en cultivos sin suelo. La elección de uno u otro sistema ha de obedecer a criterios de rentabilidad ya que el aho-



El blanqueo de cubierta (que se efectúa para evitar temperaturas excesivas), debe limitarse en lo posible, ventilando mejor para bajar temperaturas.

doble inflada) es una versión mejorada de lo anterior que, además de asegurar la ganancia térmica, da al invernadero una resistencia estructural mayor. El ahorro energético que proporcionan las cubiertas inflables en invernaderos calefactados se estima en un 30 %, pero

Los sistemas de calefacción más utilizados son los generadores de aire caliente (más baratos) y los sistemas de calefacción por conducción de agua a baja temperatura (30-40°C). Los primeros tienen una eficiencia térmica alta (mayor en los de combustión directa

Las energías alternativas (solar principalmente) no han tenido expansión, posiblemente por los menores costes de la energía convencional en la actualidad

rro de combustible del sistema de agua (con respecto al sistema por aire caliente) debe compensar el amortizar una mayor inversión inicial (Lorenzo, 1998).

Las energías alternativas (solar principalmente) no han tenido expansión, posiblemente por los menores costes de la energía convencional en la actualidad.

Sea cual sea el sistema de calefacción a utilizar, y dado el alto coste de inversión y los consumos energéticos, habría que minimizar las fugas térmicas del invernadero, optando por invernaderos sin agujeros en el material de cubierta. Los invernaderos multitúnel

INVERCA SOLUCIONES DE FUTURO



LA CALIDAD Y EL DISEÑO DISTINGUEN A LOS INVERNADEROS INVERCA

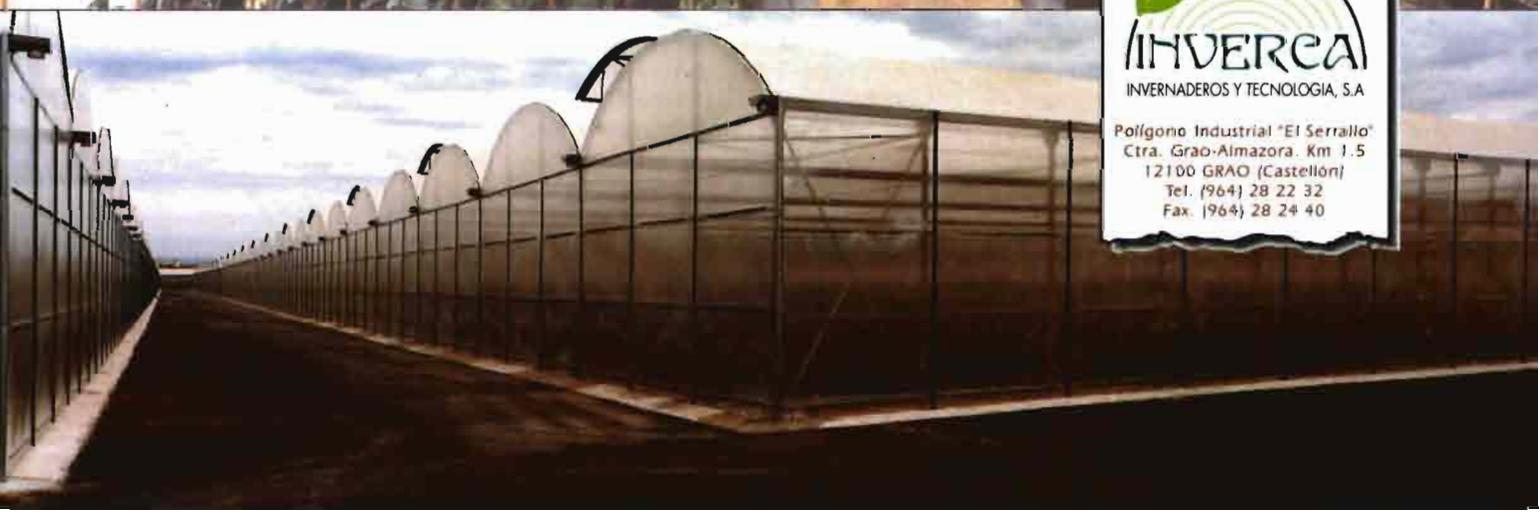


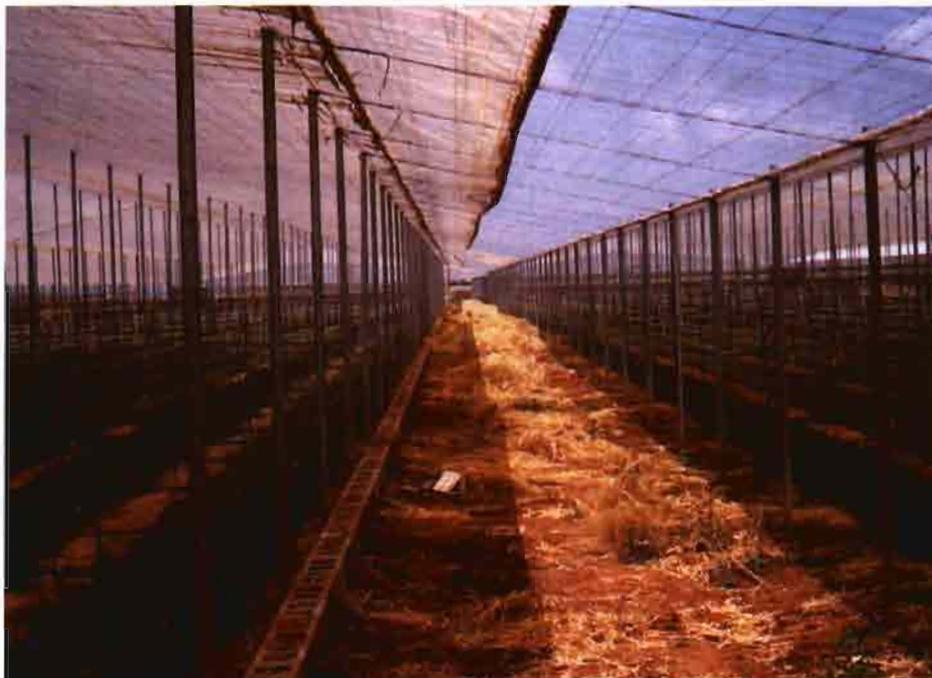
**EN INVERCA FABRICAMOS LOS INVERNADEROS ADAPTÁNDOLOS
A LAS NECESIDADES DE SU CULTIVO,
OFRECIÉNDOLE LA MÁXIMA PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD**



INVERCA
INVERNADEROS Y TECNOLOGIA, S.A

Polígono Industrial "El Serrallo"
Ctra. Grao-Amazora. Km 1.5
12100 GRAO (Castellón)
Tel. (964) 28 22 32
Fax. (964) 28 24 40





La rentabilidad del empleo de calefacción en los invernaderos del litoral español dependerá de las condiciones concretas de cada caso.

anclan el material plástico mediante tensión, con lo que no son necesarios los inevitables punteos de alambre de los invernaderos parral, siendo por tanto más estancos.

Control de la humedad ambiental

En nuestras estructuras, sin control climático activo, las oscilaciones higrométricas son grandes, pudiendo alcanzar condiciones de saturación durante la noche (que provocan condensaciones generalizadas de vapor de agua) y valores muy bajos durante el día. Excesos de humedad favorecen el desarrollo de enfermedades mientras que humedades muy bajas y prolongadas pueden conducir a situaciones de estrés al cultivo. Una buena gestión de la ventilación puede ser suficiente para conseguir una humedad aceptable. Sin embargo, ya hemos comentado la limitación que en la actualidad tienen nuestros invernaderos en ventilación. En invernaderos con sistemas de calefacción suele utilizarse esta para reducir la humedad, calentando y ventilando.

Si para aumentar la humedad ambiental no basta con mantener bien regado el cultivo (bien desarrollado y transpirando activamente) puede aplicarse agua mediante nebulización o

microaspersión, como ocurre cuando el cultivo está recién plantado.

Control de la composición del aire dentro de invernadero. Fertilización carbónica

Es bien conocida, en áreas norte europeas, la respuesta de la mayoría de los cultivos hortícolas al enriquecimiento carbónico, y en invernaderos tipo parral se han cuantificado respuestas productivas de incrementos de cosecha en torno al 15-25% en algunos cultivos (Sánchez-Guerrero y col., 1995). Sin embargo la decisión sobre su uso en nuestras estructuras debe llevar consigo un detallado análisis económico así como de gestión de la aplicación, dada la gran variabilidad de costes que existe entre los distintos sistemas de aporte. No parece lógico mantener altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), dada la necesidad de ventilación de nuestras estructuras, sino que lo deseable sería mantener los niveles del aire exterior (340-350 ppm) como mínimo, ya que en condiciones de alta actividad fotosintética y ausencia de movimiento de aire se producen bruscos decrementos en dicha concentración (Lorenzo y col. 1990).

Homogeneizar el aire interior del invernadero mediante ventiladores, provocar una buena renovación del aire interior y aplicar intermitentemente CO₂ (cuando las ventanas están cerradas) podrían ser una alternativa cuya rentabilidad sería interesante estudiar en cada caso concreto.

Se ha sugerido mantener las concentraciones al mismo nivel que las del aire exterior con las ventanas abiertas y una ventilación eficiente y cuando estas están cerradas durante el día trabajar a concentraciones entre 600 y 700 ppm (Lorenzo, 1998).

Los invernaderos multitúnel anclan el material plástico mediante tensión, con lo que no son necesarios los punteos de alambre de los invernaderos parral, siendo más estancos

En la actualidad, por su baja utilización, los costes suelen ser muy superiores a los que se pagan en países europeos. El enriquecimiento carbónico con los gases de combustión de la calefacción, que se realiza en centro y norte de Europa exige gases sin residuos (óxido nítrico, etc.) y no parece de interés por la falta de coincidencia que existe entre los momentos de necesidad del aporte calorífico (noche y primeras horas de la mañana) y de demanda de dióxido de carbono (requerido durante las horas de luz) (Lorenzo, 1998). Esta forma de aplicación es más económica aunque su utilización debe suponer el almacenamiento del gas o bien de la energía de la combustión debido a la falta de sincronía.



Para saber más...

- La bibliografía de este artículo se halla en la dirección de internet <http://www.horticom-com/tem-aut/invernad/tecn2.html>